

PHOTOELECTRIC CONVERSION ELEMENT AND SOLID-STATE IMAGING DEVICE USING THE SAME

Publication number: JP2003298038

Publication date: 2003-10-17

Inventor: SHINOHARA MASATO

Applicant: CANON KK

Classification:

- international: *H01L27/146; H01L27/148; H01L31/10; H04N3/15; H04N5/335; H04N9/04; H01L27/146; H01L27/148; H01L31/10; H04N3/15; H04N5/335; H04N9/04; (IPC1-7): H01L27/146; H01L31/10; H04N5/335*

- European: H01L27/146F2; H04N3/15E; H04N9/04B

Application number: JP20020104029 20020405

Priority number(s): JP20020104029 20020405

Also published as:



US7218347 (B2)



US2003189656 (A1)

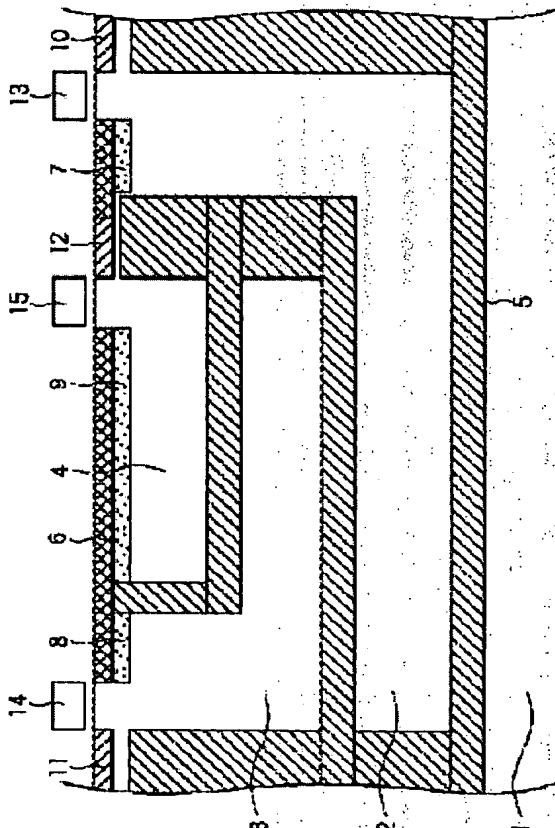
Report a data error here

Abstract of JP2003298038

PROBLEM TO BE SOLVED: To read a signal in which color mixing is suppressed and which has high color separability and low noise, when the signals are read from a plurality of layers of photodiodes.

SOLUTION: A photoelectric conversion element comprises a plurality of first conductivity-type photoelectric conversion regions and a plurality of second conductivity-type photoelectric conversion regions of conductivity-type reverse to that of the first conductivity-type photoelectric conversion regions, laminated alternately so that the first conductivity-type photoelectric conversion regions are formed in a depth suitable for mainly photoelectric conversion of a plurality of lights, having different wavelength bands and signals of the respective wavelength bands are output. The conversion element further comprises a plurality of charge storage parts formed on a surface region of the first conductivity-type photoelectric conversion region for storing charges obtained by photoelectric converting in the first conductivity-type photoelectric conversion region, and an output part for converting the charge transferred from the charge storage part into an electrical signal and outputting the signal.

COPYRIGHT: (C)2004 JPO



(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2003-298038
(P2003-298038A)

(43) 公開日 平成15年10月17日 (2003. 10. 17)

(51) Int.Cl.
H 01 L 27/146
31/10
H 04 N 5/335

識別記号

F I
H 04 N 5/335
H 01 L 27/14
31/10

テマコト (参考)
E 4 M 1 1 8
U 5 C 0 2 4
A 5 F 0 4 9
D

審査請求 未請求 請求項の数12 OL (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2002-104029(P2002-104029)

(22) 出願日 平成14年4月5日 (2002. 4. 5)

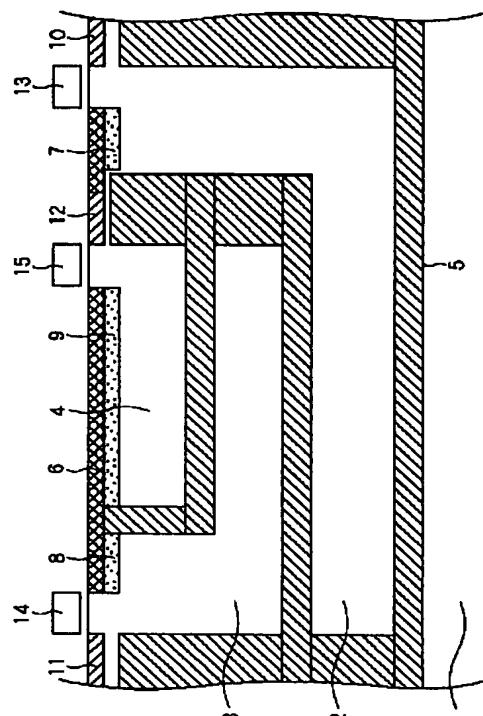
(71) 出願人 000001007
キヤノン株式会社
東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(72) 発明者 篠原 真人
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内
(74) 代理人 100076428
弁理士 大塚 康徳 (外3名)
F ターム (参考) 4M118 AB01 BA14 CA03 CA18 CA25
CA27 DD04 DD09 FA06
5C024 CX05 DX01 GX03 GX07
5F049 MA01 NA01 NA04 NA10 NB05
RA03 RA08 TA12 TA13

(54) 【発明の名称】 光電変換素子及びそれを用いた固体撮像装置

(57) 【要約】

【課題】 複数層のフォトダイオードからの信号読み出し時に、混色を抑えた、色分離性が高く、ノイズの少ない信号を読み出すこと。

【解決手段】 第1導電型の光電変換領域と、前記第1導電型と逆の導電型である第2導電型の領域を交互に複数積層して成り、前記第1導電型の光電変換領域を、それぞれ異なる複数の波長帯域の光を主に光電変換するために適した深さとなるように形成し、各波長帯域毎の信号を出力する光電変換素子であって、前記第1導電型の光電変換領域の表面領域にそれぞれ形成され、前記第1導電型の光電変換領域内で光電変換して得られた電荷を蓄積する複数の電荷蓄積部と、前記電荷蓄積部から転送された電荷を電気信号に変換して出力する出力部とを有する。



複数積層して成る固体撮像装置であって、

第1及び第2の波長帯域の光を主に光電変換する第1の光電変換素子と、

表面に第3の波長帯域以外の光を遮光するフィルタを有し、前記第1の光電変換素子の下部にその一部が形成されている第2の光電変換素子とをそれぞれ複数配列して成り、

第1及び第2の光電変換素子は、それぞれ

前記第1導電型の光電変換領域の表面領域にそれぞれ形

10 成され、前記第1導電型の光電変換領域内で光電変換して得られた電荷を蓄積する複数の電荷蓄積部と、

前記電荷蓄積部から転送された電荷を電気信号に変換して出力する出力部とを有することを特徴とする光電変換素子。

【請求項1】 第1導電型の光電変換領域と、前記第1導電型と逆の導電型である第2導電型の領域を交互に複数積層して成り、前記第1導電型の光電変換領域を、それぞれ異なる複数の波長帯域の光を主に光電変換するために通した深さとなるように形成し、各波長帯域毎の信号を出力する光電変換素子であって、

前記第1導電型の光電変換領域の表面領域にそれぞれ形成され、前記第1導電型の光電変換領域内で光電変換して得られた電荷を蓄積する複数の電荷蓄積部と、前記電荷蓄積部から転送された電荷を電気信号に変換して出力する出力部とを有することを特徴とする光電変換素子。

【請求項2】 前記電荷蓄積部は第1導電型であって、前記第1導電型の光電変換領域よりも不純物濃度が高いことを特徴とする請求項1に記載の光電変換素子。

【請求項3】 前記出力部は、MOSトランジスタにより構成された增幅器であることを特徴とする請求項1又は2に記載の光電変換素子。

【請求項4】 前記電荷蓄積部から信号電荷が転送された後、前記光電変換領域および前記電荷蓄積部が空乏化することを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の光電変換素子。

【請求項5】 複数の光電変換素子を配列して成る固体撮像装置であって、前記各光電変換素子が請求項1乃至4のいずれかに記載の光電変換素子の構成を有することを特徴とする固体撮像装置。

【請求項6】 請求項1乃至3のいずれかに記載の光電変換素子の構成を有し、それぞれ異なる複数の波長帯域の信号を出力する第1及び第2の光電変換素子をそれぞれ複数配列して成る固体撮像装置であって、

前記第1の光電変換素子は、第1及び第2の波長帯域の光を主に光電変換し、

前記第2の光電変換素子は、第3及び第4の波長帯域の光を主に光電変換することを特徴とする固体撮像装置。

【請求項7】 前記第1の光電変換素子は前記第1及び第2の波長帯域以外の光を遮光するフィルタを有し、前記第2の光電変換素子は前記第3及び第4の波長帯域以外の光を遮光するフィルタを有することを特徴とする請求項6に記載の固体撮像装置。

【請求項8】 第1の波長帯域の光を主に光電変換し、第1の波長帯域以外の光を遮光するフィルタを有する第1の光電変換素子と、

請求項1乃至3のいずれかに記載の光電変換素子の構成を有し、第2及び第3の波長帯域の光を主に光電変換し、前記第1の波長帯域の光を遮光するフィルタを有する第2の光電変換素子とをそれぞれ複数配列して成ることを特徴とする固体撮像装置。

【請求項9】 第1導電型の光電変換領域と、前記第1導電型と逆の導電型である第2導電型の領域とを交互に

10 形成され、前記第1導電型の光電変換領域内で光電変換して得られた電荷を蓄積する複数の電荷蓄積部と、前記複数の電荷蓄積部から転送された電荷を電気信号に変換して出力する出力部とを有することを特徴とする固体撮像装置。

【請求項10】 前記電荷蓄積部から信号電荷が転送された後、前記第1及び第2光電変換素子の前記光電変換領域および前記電荷蓄積部が空乏化することを特徴とする請求項6乃至9のいずれかに記載の固体撮像装置。

【請求項11】 請求項5乃至10のいずれかに記載の固体撮像装置を有することを特徴とする撮像装置。

【請求項12】 請求項5乃至10のいずれかに記載の固体撮像装置を有することを特徴とする画像読み取り装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は光電変換素子及びそれを用いた固体撮像装置に関し、特にカラー画像を取り込む光電変換素子及びそれを用いた固体撮像装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来、一般のカラー用固体撮像装置は、各画素毎にカラーフィルタを載せ、そのカラーフィルタを通った、特定波長域の光信号を検知するものである。したがって、光電変換をおこなう半導体部に到達する光は、入射光の一部となり、カラーフィルタを載せない場合に比べて、信号出力が低下する。この信号出力低下を無くす提案が、米国特許第4613895号「Color Responsive Imaging Device Employing Wavelength Dependent Semiconductor Optical Absorption」になされている。

【0003】 この提案によれば、半導体の深さ方向に3段の光電変換部を重ねて形成し、それぞれの光電変換部に蓄積する3種の信号電荷を、やはり半導体の深さ方向に3段に重ねて形成したCCDを使って、それぞれ独立に転送して、独立に読み出しをおこなうものである。

【0004】 図13は、上記提案の代表的実施形態を表すものであり、同図において、51は半導体基板、52は半導体51の界面に形成された絶縁膜、53は絶縁膜52の上に形成された電極である。半導体基板51は界面から深さ方向に向かってP、N、P、N、P、Nの型が重ねられており、54、55、56は前記P型半導

体の場所に蓄積される入射光によって発生した信号電荷である。信号電荷54、55、56は紙面に垂直方向に形成されているCCDによって転送され、信号読み出しがおこなわれる。

【0005】また、米国特許第5965875号「Color separation in an active pixel cell imaging array using a triple-well structure」においても3段フォトダイオード構造の光検出装置が提案されている。この提案によれば、各フォトダイオードの端子は半導体界面部に形成され、各端子は増幅器として働くMOSトランジスタのゲートに接続されて、各フォトダイオードの信号は増幅して読み出される。図14はこの発明を表すものであり、同図において、57はP型半導体基板、58は57の上に重ねて形成されたN型半導体層、59は58の上に重ねて形成されたP型半導体層、60は59の上に重ねて、半導体界面に形成されN型半導体層である。57と58、58と59、59と60の組み合わせで3つのフォトダイオードが形成されている。さらに61、62、63はそれぞれ、半導体層57、58、59と接続し、それぞれの半導体層に蓄積する信号電荷を増幅して読み出すためのMOSトランジスタである。

【0006】上記の2つの提案はどちらも、色の分離については半導体の光吸収係数が光の波長に依存することを利用している。短波長すなわち青色光の光電変換部を最上層、長波長すなわち赤色光の光電変換部を最下層、その中間波長すなわち緑色光に対する光電変換部を中間層に設けることで色の分離をおこなっている。これによれば、入射光を無駄なく利用することができ、一般的カラーフィルタ方式に比べて、信号出力を上げることができる。また、2次元的には同一の場所から3種の色信号を取り出すことができるため、ひとつの画素から1種の色信号を取り出すカラーフィルタ方式に比べて、色解像度を上げることができる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、米国特許第4613895号の例においては、上述したように半導体の深さ方向に3段に重ねて形成した埋め込みCCDを使う。このため最上層のCCD以外のCCDについて、ボテンシャル井戸の制御を表面にあるゲート電極によって行い、信号電荷を転送することが実際にはきわめて難しいという欠点があった。

【0008】また、米国特許第5965875号においては、各フォトダイオードの電極が深さ方向に隣接するフォトダイオードの電極と共に通化されているため、ひとつのフォトダイオードの信号電圧は深さ方向に隣接する別のフォトダイオードの信号電圧によって影響を受け、各フォトダイオードの信号を独立に取り出すのが難しいという欠点があった。さらに、各フォトダイオードをリセットする時に、フォトダイオードの容量に起因するkTCノイズがのるため、雑音が大きいという欠点もあった。

【0009】本発明は上記問題点を鑑みてなされたものであり、複数層のフォトダイオードからの信号読み出し時に、混色を抑え、色分離性が高く、ノイズの少ない信号を読み出すことを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明の光電変換素子は、第1導電型の光電変換領域と、前記第1導電型と逆の導電型である第2導電型の領域を交互に複数積層して成り、前記第1導電型の光電変換領域を、それぞれ異なる複数の波長帯域の光を主に光電変換するために適した深さとなるように形成し、各波長帯域毎の信号を出し、前記第1導電型の光電変換領域の表面領域にそれぞれ形成され、前記第1導電型の光電変換領域内で光電変換して得られた電荷を蓄積する複数の電荷蓄積部と、前記電荷蓄積部から転送された電荷を電気信号に変換して出力する出力部とを有する。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照して本発明の好適な実施の形態を詳細に説明する。

【0012】<第1の実施形態>図1は本発明の第1の実施形態を表す画素のフォトダイオードおよび信号電荷転送部の断面図である。同図において、1はN型の半導体基板、2はもっとも深い場所に形成されたN型半導体層による光電変換部、3は光電変換部2の上部に形成されたN型半導体層による光電変換部、4は光電変換部3の上部に形成されたN型半導体層による光電変換部、5は光電変換部2、3、4の各光電変換部を電気的に分離するためのP型半導体層であり、P型半導体層5と、光電変換部2、3、4とでフォトダイオードが形成されている。

【0013】また、6は半導体界面に形成されたP型半導体層、7は光電変換部2で発生する信号電子を蓄積するための、光電変換部2よりも不純物濃度が高い信号電荷蓄積部、8は光電変換部3で発生する信号電子を蓄積するための、光電変換部3よりも不純物濃度が高い信号電荷蓄積部、9は光電変換部4で発生する信号電子を蓄積するための、光電変換部4よりも不純物濃度が高い信号電荷蓄積部、10は信号電荷蓄積部7に蓄積された信号電荷が転送されるフローティングディフュージョン

(以下、「FD」と記す。)部、11は信号電荷蓄積部8に蓄積された信号電荷が転送されるFD部、12は信号電荷蓄積部9に蓄積された信号電荷が転送されるFD部、13は信号電荷蓄積部7に蓄積された信号電荷をFD部10へ転送するための転送ゲート、14は信号電荷蓄積部8に蓄積された信号電荷をFD部11へ転送するための転送ゲート、15は信号電荷蓄積部9に蓄積された信号電荷をFD部12へ転送するための転送ゲートである。

【0014】このフォトダイオードに入射した光は、その波長によって光電変換される深さが異なるため、ひと

つの画素における各フォトダイオードの信号を読み出すことにより、入射光に含まれる赤、緑、青の割合を算出することができる。また、各光電変換部と各信号電荷蓄積部は、信号電荷の転送後には空乏化するように構成され、ノイズ成分を含まない信号電荷を得ることができる。

【0015】図2は、上記で説明した画素の等価回路であり、同図において、16はもっとも深いフォトダイオードであり、そのアノードが図1におけるP型半導体層5、カソードが図1における光電変換部2および信号電荷蓄積部7に相当する。また、17は深さが中間のフォトダイオードであり、そのアノードが図1におけるP型半導体層5、カソードが図1における光電変換部3および信号電荷蓄積部8に相当する。さらに、18は最も表面に近いフォトダイオードであり、そのアノードが図1におけるP型半導体層5、カソードが図1における光電変換部4および信号電荷蓄積部9に相当する。

【0016】19はフォトダイオード16の信号電荷を転送するための転送MOSトランジスタ、20はフォトダイオード17の信号電荷を転送するための転送MOSトランジスタ、21はフォトダイオード18の信号電荷を転送するための転送MOSトランジスタ、22は転送MOSトランジスタ19の転送ゲートであって図1の13に相当し、転送信号TxRが入力される。23は転送MOSトランジスタ20の転送ゲートであり、図1の転送ゲート14に相当し、転送信号TxGが入力される。24は転送MOSトランジスタ21の転送ゲートであり、図1の転送ゲート15に相当し、転送信号TxBが入力される。また、25は信号電荷が転送されるFD部であり、図1におけるFD部10、11、12が接続されたものである。26は増幅用MOSトランジスタであってそのゲートがFD部25に接続する。27はFD部25をリセットするためのリセット用MOSトランジスタ、28は増幅用MOSトランジスタの出力を選択するための選択用MOSトランジスタ、29はリセット電源と増幅用トランジスタ26の電源とを兼ねた配線、30は増幅出力が outputされる出力線、31はリセット用MOSトランジスタ27のゲート線であり、リセット信号RESが入力される。32は選択用MOSトランジスタ39のゲート線であり、選択信号SELが入力される。

【0017】図2に示すようなフォトダイオードからの電荷転送がなされるタイプの画素で構成されるCMOSセンサにおいては、FD部25をリセットした直後の画素出力と、FD部25へ信号電荷転送された後の画素出力との差分をとることで、FD部25のリセットノイズが除去されたノイズのない信号出力を読み出すことができる。上記差分動作は、画素出力線30からの画素出力が入力される、画素の周辺に設計された読み出し回路においてなされる。この差分をおこなう回路方式には様々なものが公知になっており、ここでの説明は省略する。

また、信号電荷転送タイプのCMOSセンサ画素においては、図2にも示したように、FD部、増幅用MOSトランジスタ、リセット用MOSトランジスタ、選択用MOSトランジスタを各フォトダイオードに対して共通化することができ、トランジスタ数を減らすことができる。

【0018】次に、図3のタイミングチャートを参照しながら、図2の構成を有する画素の動作を説明する。なお、図2で示されているMOSトランジスタはすべてN型とし、ゲート電位がHigh(H)のレベルでオン状態、Low(L)のレベルでオフ状態になるとすると。また、図3におけるタイミングパルスは、図2に示すものと同じである。

【0019】最初に、選択信号SELがHとなると、画素の増幅用MOSトランジスタ26のソースが出力線30と接続することで画素の増幅出力が出力線8に出力される。この時、一般には出力線30には定電流負荷が接続され、増幅用トランジスタ26をソースフォロワ動作させることが多い。次にリセット信号RESをHにすることで、増幅用MOSトランジスタ26のゲート部がリセット用MOSトランジスタ32によってリセットされ、画素出力線30にはリセットレベルに対応する増幅出力が現れる。次に転送信号TxRをHとし、フォトダイオード16に蓄積された信号電荷を転送用MOSトランジスタ19を通してFD部25に転送すると、画素のリセット出力にフォトダイオード16の信号が上乗せされた出力が出力線30に現れる。

【0020】以上の動作におけるリセット出力とリセットレベルに信号が上乗せされた出力の差分が読み出し回路においてなされ、ノイズのないフォトダイオード16の信号を得ることができる。以下、リセット信号RESのHによるFD部25のリセット、転送MOS23及び24によるフォトダイオード17及び18の信号電荷のFD部25への転送という動作を順次行うことにより、ノイズの無いフォトダイオード17、フォトダイオード18の信号を得ることができる。

【0021】図4は、図3で示した動作とは別の画素動作を表すタイミングチャートである。この例においては、各フォトダイオードの信号電荷をFD部25に順次、加算転送させる。リセットレベルをN、フォトダイオード16、17、18の信号分をそれぞれS1、S2、S3とすると、画素出力はN、(N+S1)、(N+S1+S2)、(N+S1+S2+S3)が時系列で出力される。これらの出力の差分を順次とっていくことで、ノイズのない信号S1、S2、S3を得ることができる。

【0022】以上説明したように、本発明の第1の実施形態によれば、複数のフォトダイオードを深さ方向に重ねて形成した各画素において、各フォトダイオードからそれぞれ独立の信号電荷を増幅して出力するため、感度

が高く、色解像度が良い固体撮像装置を実現することができる。また信号転送後の光電変換部および信号電荷蓄積部が空乏化する構造によりノイズを少なくし、ひとつの画素に形成すべきトランジスタ数を少なくすることができるため、フォトダイオード面積の確保にも有利となる。

【0023】<第2の実施形態>図5は本発明の第2の実施形態を説明する図であり、2種類の画素A及び画素Bの断面図を表す。

【0024】図5において、図1と同様の構成には同じ番号を付し、説明を省略する。33は画素Aの深い場所に形成されるN型半導体による光電変換部、34は画素Aの光電変換部33の上部に形成されるN型半導体による光電変換部、35は画素Bの深い場所に形成されるN型半導体による光電変換部、36は画素Bの光電変換部35の上部に形成されるN型半導体による光電変換部である。37は光電変換部33で発生する信号電子を蓄積するための、光電変換部33よりも不純物濃度が高い信号電荷蓄積部、38は光電変換部34で発生する信号電子を蓄積するための、光電変換部34よりも不純物濃度が高い信号電荷蓄積部、39は光電変換部35で発生する信号電子を蓄積するための、光電変換部35よりも不純物濃度が高い信号電荷蓄積部、40は光電変換部36で発生する信号電子を蓄積するための、光電変換部36よりも不純物濃度が高い信号電荷蓄積部である。

【0025】また、本第2の実施形態においても第1の実施形態と同様に信号電荷蓄積部37、38、39、40それぞれに対する電荷転送ゲートと、電荷を転送するFD部があるが、図5においては省略している。

【0026】図5に示すように、光電変換部33、34、35、36の深さは互いに異なっており、分光感度がそれぞれ異なる。

【0027】本発明の第2の実施形態における画素の等価回路は、図2の等価回路のフォトダイオードを2つにしたものであって、基本的には第1の実施形態におけるものと同様であるため、ここでは図示を省略する。ただし、本第2の実施形態ではフォトダイオードの深さの組み合わせが異なる2種類の画素があり、図6は2種類の画素A、Bの平面的な配置の一例を示したものである。図6においては、A、Bが互いに千鳥配置になっている。

【0028】色を再現するのは、最低3つの独立の色信号が必要であるため、上記第2の実施形態で説明したような画素2種類で固体撮像装置を形成することにより、3つの独立な色信号を得ることができる。また、第2の実施形態においては、各画素が持つフォトダイオードは2つなので、第1の実施形態に比べて、深さ方向に重なるフォトダイオードの形成が容易となり、また転送MOSトランジスタ、信号蓄積部の数も減るので、受光面積を増やすことができる。

【0029】なお、フォトダイオードの深さの組み合わせは図5に示す構成に限るものではなく、信号を分離して取り出すことを目的とする色の波長に応じて、適宜変更することができる。従って、用いる画素の種類も2種類に限るものではなく、目的に応じてフォトダイオードの深さの組み合わせが異なる3種類以上の画素を用いて設計することが可能であることは言うまでもない。

【0030】<第3の実施形態>図7は、本発明の第3の実施形態を説明するための図である、同図において4

10 1はカラーフィルタ、42は41とは別タイプのカラーフィルタである。また、図4と同一の部材については図4と同じ番号を付し、説明を省略する。

【0031】フォトダイオードを半導体の深さ方向に多段に形成して色信号を分離するセンサにおいて、各深さのフォトダイオードはそれぞれ異なる分光感度を持つが、割合は異なるものの、どのフォトダイオードからの出力にも、赤、緑、青（以下R、G、Bとする）の波長光による信号が含まれており、各フォトダイオードの出力信号からR、G、Bの信号を演算により再現よく得ることは難しい。

【0032】このため、本第3の実施形態では、各画素にシアン、マゼンタ、イエローなどの補色系フィルタを載せる。たとえばシアンの場合には赤色光を通さないので、画素Aのタイプと組み合わせることにより、青及び緑の信号が、また、マゼンタの場合には青色光を通さないので、緑及び赤の信号が色分離良く出力される。これにより、各フォトダイオードの信号からR、G、Bをより正確に得ることができる。

【0033】図8(a)及び(b)は2層構造のフォト30 ダイオードとカラーフィルタの組み合わせの一例を示すもので、エリアセンサの内4画素分の配列を示し、水平及び垂直方向に任意の数だけ繰り返し構成される。

【0034】図8(a)は、1画素において同時にB及びG成分の光（可視光の内、短～中波長光）を主に光電変換するように設定された画素（以下B/G画素）と、G及びR成分の光（可視光の内、中～長波長光）を主に光電変換するように設定された画素（以下G/R画素）とを市松状に配列した例を示す。また、B/G画素の表面には、R成分の光をカットするようにC_yフィルタを、G/R画素の表面には、B成分の光をカットするようにM_gフィルタを配置する。図8(a)に示す配列では、各画素から輝度信号となるG信号を得ることができるので、解像度を維持することができる。

【0035】このように、2層構造のフォトダイオードとフィルタとを組み合わせることにより、各画素毎に目的の2色成分の信号を得ることができる。このようにして得られた各画素2色成分の信号には公知の演算を施し補間することで、各画素3色の信号を得ることができ

る。

50 【0036】なお、図7に示す構成例では、画素Aと画

素Bとでフォトダイオードの深さの組み合わせが異なっているがこれに限るものではなく、同一種類のフォトダイオード用いて、複数種類のカラーフィルタを混合配置しても良い。逆に、目的に応じてフォトダイオードの深さの組み合わせが異なる3種類以上の画素を用いて設計することが可能であることは言うまでもない。

【0037】また、図8(b)は、画素上にGフィルタを配置し、G成分の光を主に光電変換する1層構造のフォトダイオード(以下G画素)と、画素上にYeフィルタを配置し、B及びR成分の光を主に光電変換するように設定された2層構造のフォトダイオード(以下B/R画素)とを市松状に配列した例を示す。

【0038】このように構成することで、図1及び図8(a)に示す構成により解像度は劣るものの、より簡易な構造で1層構造のフォトダイオードを使う場合に比べて、解像度の高い画像を得ることができる。

【0039】<第4の実施形態>図9は本発明の第4の実施形態を表す図である。同図において、43は画素Aの光電変換部、44は画素Bの光電変換部、45は光電変換部43で発生する信号電子を蓄積するための、43よりも不純物濃度が高い信号電荷蓄積部、46は光電変換部44で発生する信号電子を蓄積するための、44よりも不純物濃度が高い信号電荷蓄積部である。図9において、図7と共に通する部材については同じ番号を付し、説明を省略する。

【0040】本第4の実施形態においては、ひとつの画素がひとつのフォトダイオードを持ち、画素の等価回路は典型的なCMOSセンサと同じであるが、本第4の実施形態の画素Aの光電変換部43は、隣接する画素の光電変換部44の下部に延伸した構造をもっている。このとき画素Aのカラーフィルタとして赤、またはイエローなど長波長対応のものを使用し、画素Bのカラーフィルタとして青、またはシアンなど短波長対応のものを使用する。短波長光は半導体の浅い部分で大部分が吸収されるが、長波長光は半導体の深い部分での吸収が多い。もし、画素Bのフォトダイオードも画素Aと同じ深さを持っているとすると、画素Aに斜め入射した長波長光の一部は画素Bのフォトダイオードの下部で信号電荷を発生させるため、本来画素Aの信号であるべきものが、画素Bの信号として取り込まれることになる。よって、画素Aの信号が減少し、またクロストークが多くなる。

【0041】しかし、図9に示すフォトダイオード構造にすることにより、上記不具合が改善され、長波長の信号が高く、色クロストークが小さい固体撮像装置を実現することができる。

【0042】上記の通り本発明の第4の実施形態によれば、長波長を主に光電変換するフォトダイオードを、短波長を主に変換するフォトダイオードの下部に延伸させることにより、従来の固体撮像装置に比べて長波長信号の感度が高くし、かつ色クロストークを小さくすること

ができる。

【0043】<第5の実施形態>次に、図10を参照して、上記第1～第4実施形態で説明した光電変換素子及び固体撮像装置を用いた撮像システムについて説明する。

【0044】図10において、401はレンズのプロジェクトとメインスイッチを兼ねるバリア、402は被写体の光学像を固体撮像素子404に結像させるレンズ、403はレンズ402を通った光量を可変制御するための絞り、404はレンズ402により結像された被写体光学像を画像信号として取り込むための固体撮像素子、405は、固体撮像素子404から出力される画像信号を増幅するゲイン可変アンプ部及びゲイン値を補正するためのゲイン補正回路部等を含む撮像信号処理回路、406は固体撮像素子404より出力される画像信号のアナログ～デジタル変換を行うA/D変換器、407はA/D変換器406より出力された画像データに各種の補正を行ったりデータを圧縮する信号処理部、408は固体撮像素子404、撮像信号処理回路405、A/D変換器406、信号処理部407に、各種タイミング信号を出力するタイミング発生部、409は各種演算とスチルビデオカメラ全体を制御する全体制御・演算部、410は画像データを一時的に記憶する為のメモリ部、411は記録媒体に記録または読み出しを行うための記録媒体制御インターフェース部、412は画像データの記録または読み出しを行う為の半導体メモリ等の着脱可能な記録媒体、413は外部コンピュータ等と通信する為のインターフェース部である。

【0045】また図11は、固体撮像素子404の詳細構成を示す図であり、各画素は、上記第1乃至第4の実施形態で説明した構成のいずれかを有していてもよいが、ここでは図1に示す構成を有するものとする。以下、図11の構成及びその動作について、図12のタイミングチャートを参照しながらその動作を説明する。

【0046】501は画素に蓄積された電荷を転送する行を選択する垂直走査回路、502は各画素から転送された信号電荷及びノイズ電荷を各色毎に一時保持する保持回路である。図9には保持回路502は1組しか示していないが、実際には各列に対応するように複数構成される。また、503は保持回路502に蓄積された電荷を信号出力部504に順次転送するための水平走査回路である。信号処理出力部504では転送された電荷を処理して、各色信号を出力する。

【0047】次に、固体撮像素子404の動作として、画素P_(a)から電荷を読み出す場合について説明する。

【0048】固体撮像素子404を所定時間露光後、まず、t₁において、信号PCTRをハイ(H)として、保持回路502内の容量CTNR、CTS R、CTN G、CTSG、CTNB、CTS Bをリセットする。次

に、 t_2 の少し前に選択信号SEL1をHにして1行目を選択する。その後、 t_2 でリセット信号RES1をHにし、FD部25をリセットする。そして t_3 でTxR1及びPTSRをHにし、フォトダイオード16により得られた電荷を容量CTS1に転送する。次に、 t_4 でリセット信号RES1を再びHにしてFD部25をリセット後、 t_5 でTxG1及びPTSGをHにしてフォトダイオード17により得られた電荷を容量CTS2に転送する。同様に、 t_6 でリセット信号RES1を再びHにしてFD部25をリセット後、 t_7 でTxB1及びPTSBをHにして、フォトダイオード18により得られた電荷を容量CTS3に転送する。

【0049】次に t_8 の少し前にRES1を再びHにし、Hにしたままの状態で、TxR1、PTNR(t_8)、TxG1、PTNG(t_9)、TxB1、PTNB(t_{10})を順次Hにすることで、ノイズ成分をCTNR、CTNG、CTNBにそれぞれ読み出す。

【0050】そして、 t_{11} でH1をHにして容量PTS1とPTNR、PTSGとPTNG、PTSBとPTNBの電荷を信号処理部504の対応する差動アンプに転送し、露光により蓄積された電荷から、ノイズ成分の電荷を差し引き、出力する。

【0051】以降、H2～Hnを順次Hにし、その間にPCHRをHにすることによって、信号処理部504への配線を所定電位にリセットしながら、1行分の電荷を順次差動アンプに転送して、差分を出力する。また、 t_{12} 以降の動作を行数分繰り返すことで、1フレーム分の画像信号を読み出すことができる。

【0052】次に、前述の構成における撮影時のスチルビデオカメラの動作について説明する。

【0053】バリア401がオープンされるとメイン電源がオンされ、次にコントロール系の電源がオンし、更にA/D変換器406などの撮像系回路の電源がオンされる。

【0054】その後、露光量を制御する為に、全体制御・演算部409は絞り403を開放にし、固体撮像素子404から出力された信号はA/D変換器406で変換された後、信号処理部407に入力される。全体制御・演算部409は、信号処理部407により所定の信号処理がされたデータを基に測光を行い、その結果により明るさを判断し、露出の演算を行う。そして得られた露出に応じて絞り403を制御する。

【0055】次に、固体撮像素子404から出力された信号を基に、全体制御・演算部409は高周波成分を取り出し被写体までの距離の演算を行う。その後、レンズを駆動して合焦か否かを判断し、合焦していないと判断した時は、再びレンズを駆動し測距を行う。そして、合焦が確認された後に本露光を始める。

【0056】露光が終了すると、固体撮像素子404から出力された画像信号はA/D変換器406でA/D変

換され、信号処理部407を通り全体制御・演算部409によりメモリ部410に書き込まれる。

【0057】その後、メモリ部410に蓄積されたデータは、全体制御・演算部409の制御により記録媒体制御I/F部411を通り半導体メモリ等の着脱可能な記録媒体412に記録される。

【0058】また、外部I/F部413を通り直接コンピュータ等に入力して画像の加工を行ってもよい。

【0059】なお、上記複数層のフォトダイオードを用いた固体撮像素子は、スチルビデオカメラに限らず、エリアセンサを用いる撮像装置に適用することができる。更には1次元に配列してラインセンサを構成することにより、スキャナやファクシミリなどの画像読み取り装置に適用可能である。上記以外にも、固体撮像素子を用いる様々な公知の装置に広く適用可能であることは、当業者であれば容易に理解できるであろう。

【0060】

【発明の効果】上記の通り本発明によれば、複数層のフォトダイオードからの信号読み出し時に、混色を抑えた、色分離性が高く、ノイズの少ない信号を読み出すことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態における複数層のフォトダイオード構造を有する画素の断面を示す概略図である。

【図2】本発明の第1の実施形態の画素の等価回路図である。

【図3】本発明の第1の実施形態の画素の動作を説明するためのタイミングチャートである。

【図4】本発明の第1の実施形態の画素の動作を説明するためのタイミングチャートである。

【図5】本発明の第2の実施形態における複数層のフォトダイオード構造を有する画素の断面を示す概略図である。

【図6】本発明の第2の実施形態における画素の配列例を示す図である。

【図7】本発明の第3の実施形態における複数層のフォトダイオード構造を有する画素の断面を示す概略図である。

【図8】本発明の第3の実施形態における複数層のフォトダイオードを用いたエリアセンサの内、4画素分の配列例を示す図である。

【図9】本発明の第4の実施形態における複数層のフォトダイオード構造を有する画素の断面を示す概略図である。

【図10】本発明の第5の実施形態における撮像システムの構成を示すブロック図である。

【図11】図10に示す固体撮像素子の詳細構成例を示す図である。

【図12】図11の固体撮像素子を駆動するためのタイ

ミングチャートを示す図である。

【図13】従来の3層構造のフォトダイオードのポテンシャル図である。

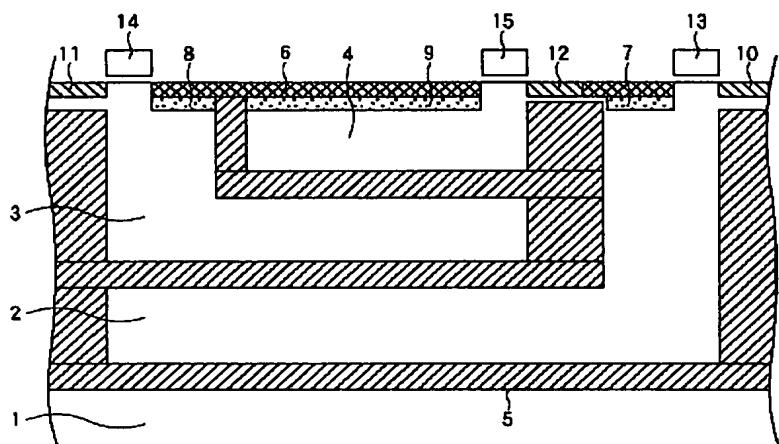
【図14】従来の3層構造のフォトダイオードの断面を示す図である。

【符号の説明】

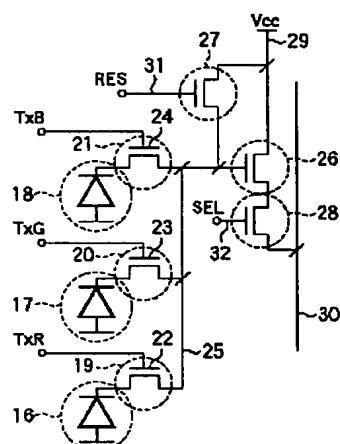
- 1 半導体基板
- 2、3、4 光電変換部
- 5、6 P型半導体層
- 7、8、9 信号電荷蓄積部
- 10、11、12 フローティングディフュージョン部
- 13、14、15 転送ゲート
- 16、17、18 フォトダイオード
- 19、20、21 転送MOSトランジスタ
- 22、23、24 転送ゲート
- 25 フローティングディフュージョン部
- 26 増幅用MOSトランジスタ

- * 27 リセット用MOSトランジスタ
- 28 選択用MOSトランジスタ
- 29 配線
- 30 出力線
- 31 リセットゲート線
- 32 選択ゲート線
- 33、34、35、36 光電変換部
- 37、38、39、40 信号電荷蓄積部
- 41、42 カラーフィルタ
- 10 43、44 光電変換部
- 45、46 信号電荷蓄積部
- 51 半導体基板
- 52 絶縁膜
- 53 制御電極
- 54、55、56 信号電荷
- 57、58、59、60 N型半導体層
- * 61、62、63 MOSトランジスタ

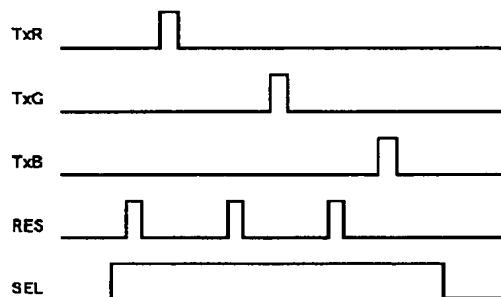
【図1】



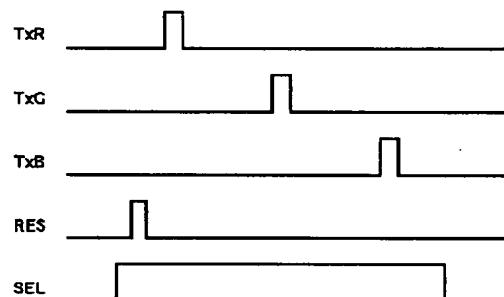
【図2】



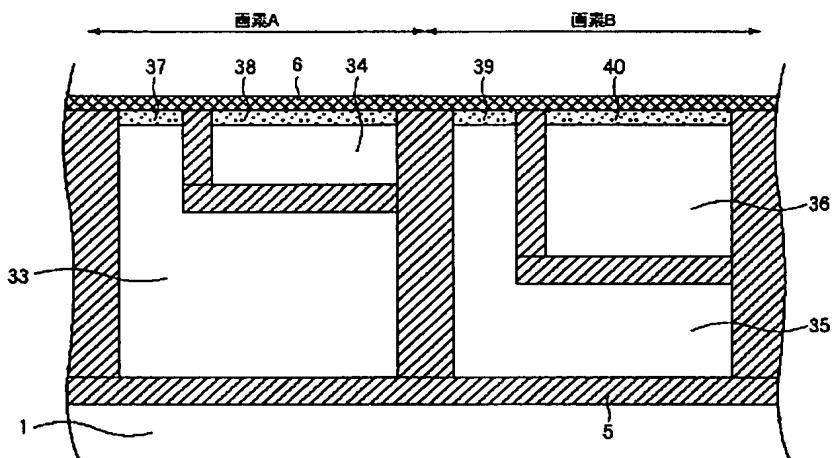
【図3】



【図4】



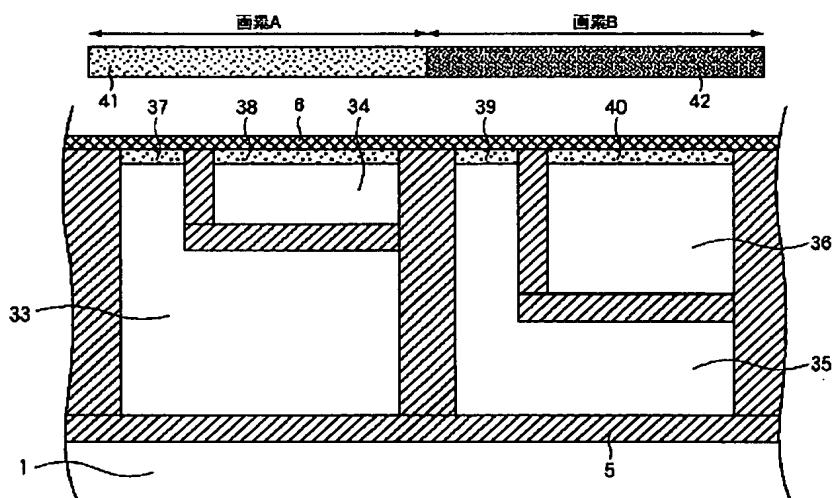
【図5】



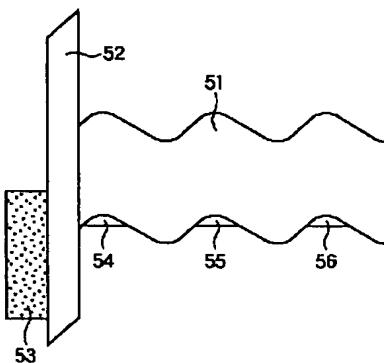
【図6】

A	B	A	B
B	A	B	A
A	B	A	B

【図7】



【図13】



【図8】

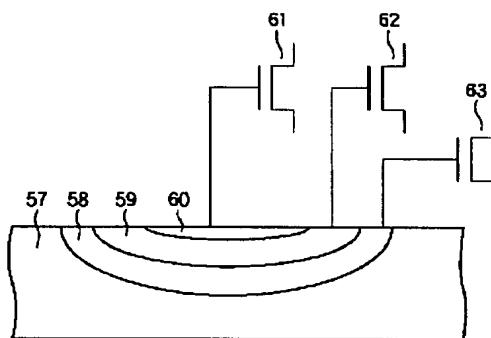
Cyフィルタ	Mgフィルタ
B/G	G/R
Mgフィルタ	Cyフィルタ
G/R	B/G

(a)

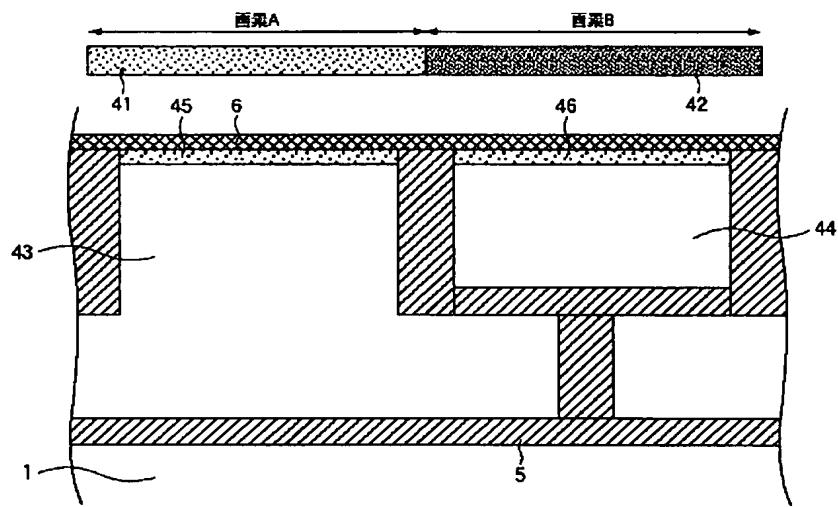
Gフィルタ	Yeフィルタ
G	B/R
Yeフィルタ	Gフィルタ
B/R	G

(b)

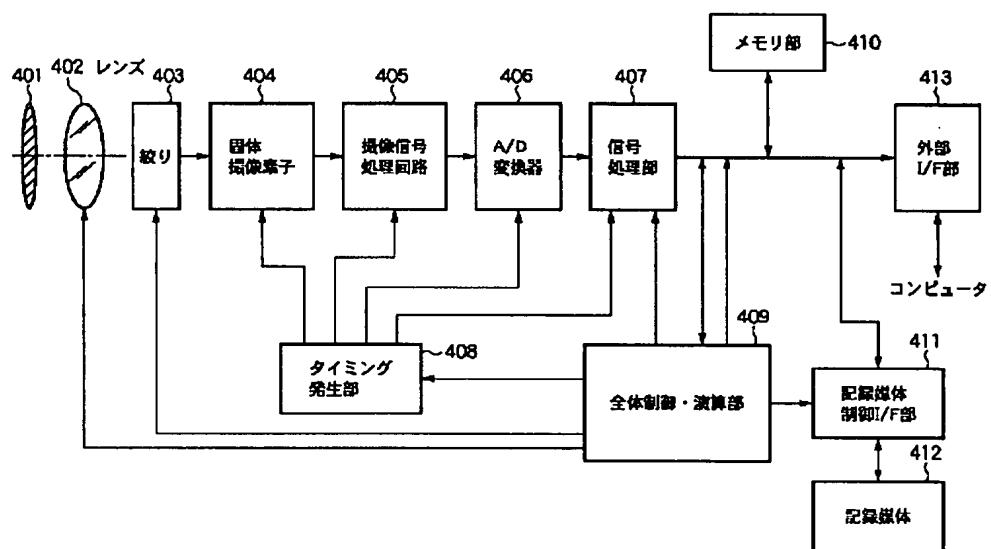
【図14】



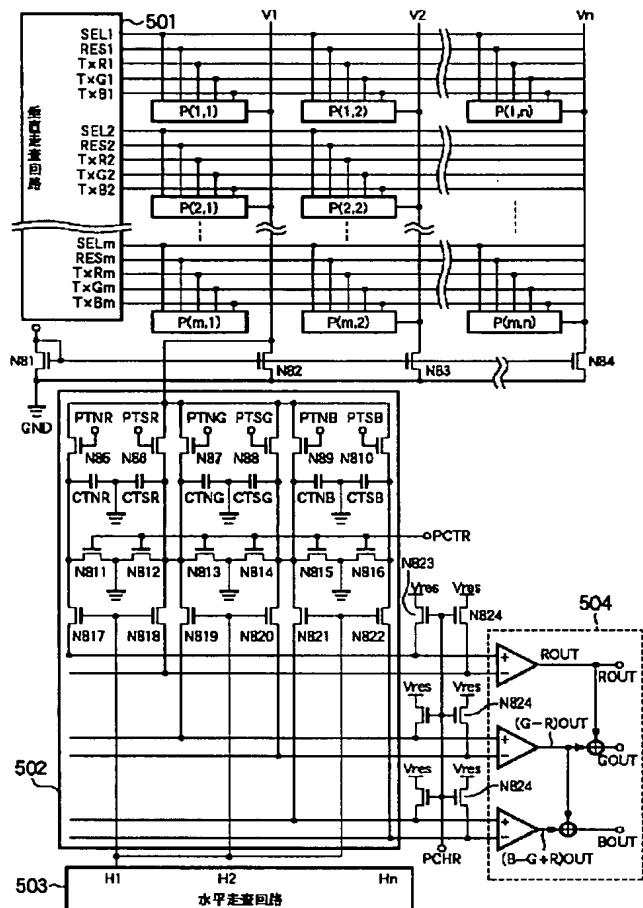
【図9】



【図10】



【図11】



【図12】

